

วารสารวิศวกรรมศาสตร์

การพัฒนาวิธีการสุ่มตรวจสอบสำหรับข้อมูลลักษณะ สำหรับโรงงานผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ชลิดา สารใจ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

อีเมล: Jaoying_Chali@hotmail.com

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้ศึกษาการตรวจสอบในกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยพบว่า มีของเสียได้ถูกส่งไปยังลูกค้าจำนวนมากของเสียที่พบมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์สามารถมองเห็นและตรวจพบได้ด้วยสายตา จากผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบเดิมพบว่าผลการตรวจสอบขาดความถูกต้องและการตรวจสอบซ้ำให้ผลไม่เหมือนกัน พิจารณาได้จากค่าประสิทธิภาพด้านข้อบกพร่องและประสิทธิภาพด้านรีพีเทบิลิตีที่มีค่าเท่ากับ 43 เปอร์เซ็นต์และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้ทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบและประเมินผลพนักงานอีกครั้งค่าดัชนีความมีประสิทธิภาพทั้งสองดัชนีเพิ่มขึ้นเป็น 97 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวิธีการตรวจสอบที่พัฒนาแล้วได้ถูกนำมาใช้และกำหนดเป็นมาตรฐาน แผนการสุ่มตัวอย่างจึงได้ถูกนำมาใช้ในตอนท้ายของกระบวนการผลิต แผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 (American National Standards Institute/American Society of Quality Control Z1.4) แผนนี้ได้ให้ค่าขีดจำกัดด้านคุณภาพของการตรวจสอบ (Average outgoing quality limit : AOQL) เป็น 0.0147 เปอร์เซ็นต์ กรณีศึกษาที่ต้องการระดับคุณภาพของล็อตหลังการตรวจสอบที่ 0.005 เปอร์เซ็นต์ จึงได้นำเสนอการออกแบบใหม่ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีค่าขีดจำกัดด้านคุณภาพของการตรวจสอบที่ 0.005 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้มีการแสดงการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยเส้นโค้งปฏิบัติการแผนการสุ่มตัวอย่าง (Operating Characteristic Curve : OC curve) และค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ พบว่าเส้นโค้งปฏิบัติการแผนการสุ่มตัวอย่างที่นำเสนอให้ผลการตรวจสอบระหว่างล็อตดีและล็อตเสียที่ชัดเจนกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างปัจจุบัน ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบลดลง 50 เปอร์เซ็นต์จากแผนการสุ่มตัวอย่างในปัจจุบัน

คำสืบค้น: แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดียว, ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ, วิเคราะห์ระบบการวัด, ค่าใช้จ่ายของการตรวจสอบ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 5 ฉบับที่ 2

วันที่ส่ง 16 ตุลาคม 2556

วันที่ตอบรับ 17 มีนาคม 2557

วันที่ตีพิมพ์ 31 สิงหาคม 2557

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2013.5.2.63



Development of Attribute Sampling Plan for Electronic Boards Manufacturing

Chalida Sanjai

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330,
Thailand

E-mail: Jaoying_Chali@hotmail.com

Abstract. This research studied an investigation into the manufacturing process of electronic circuit boards. The research has found that over 80 percent of the circuit boards sent to its customers were visibly defective, through visual inspection. Analysis results of the initial quality control inspection shows inaccuracy, interpreted from the bias and repeatability rates which are 43 percent and 47 percent, respectively. These rates do not pass the standardized rate, which was initially set at 95 percent. Therefore, there has been an improvement in inspection and revaluation processes of the inspectors. After process improvements, results of both indices improved to 97 percent, which then sets the standard. Random sampling plans that are currently in use follow the standards of ANSI/ASQC Z1.4 (American National Standards Institute/American Society of Quality Control Z1.4). This plan has set the Average Outgoing Quality Limit (AOQL) to 0.0147 percent. This case study requires the standards of later lots to be inspected at 0.005 percent, which has proposed a new design for sampling plan that has limits set at 0.005 percent. Moreover, there have been comparisons between the effectiveness of sampling methods with the Operating Characteristic Curve (OC curve) and the cost of the investigation. Results show that the Operating Characteristic Curve random sampling that was proposed is able to distinguish between good lots and defective lots more effectively when compared to the current sampling method. Costs in investigations also reduce by 50 percent from the current sampling method.

Keywords: Acceptance single sampling plan, attribute data, measurement system analysis, cost of inspection.

Engineering Journal (ISSN: 1906-3636) Volume 5 Issue 2

Received 16 October 2013

Accepted 17 March 2014

Published 31 August 2014

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/eith.2013.5.2.63

1. บทนำ

คุณภาพสินค้าที่ส่งออกไปสู่ตลาดเป็นเรื่องสำคัญอันดับหนึ่งเพราะส่งผลต่อความเชื่อมั่นที่ลูกค้าจะมีต่อโรงงานกรณีศึกษา และมีผลต่อการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าในล็อตต่อไปด้วย เพื่อให้ดำรงธุรกิจอยู่ได้ในท่ามกลางการแข่งขันสูงในธุรกิจ Electronic Manufacturing Services (EMS) การตรวจสอบแบบ 100 เปอร์เซ็นต์ดูเหมือนว่าจะเป็นการรับประกันคุณภาพสินค้าได้ดีที่สุดในมุมมองของลูกค้า ในทางปฏิบัติสำหรับโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์โดยการตรวจสอบจะดำเนินการไปพร้อมๆกับการผลิต ผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานคือพนักงานฝ่ายผลิตเมื่อมีการผลิตจำนวนมาก ความใส่ใจในการตรวจสอบของพนักงานลดลงและมุ่งเน้นที่ยอดการผลิตให้ได้ตามแผนการผลิตแทน ดังนั้นการประยุกต์ใช้การสุ่มตรวจสอบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเนื่องจากเป็นวิธีที่ยังรับประกันได้ถึงคุณภาพที่ลูกค้ายอมรับและพึงพอใจ

2. ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

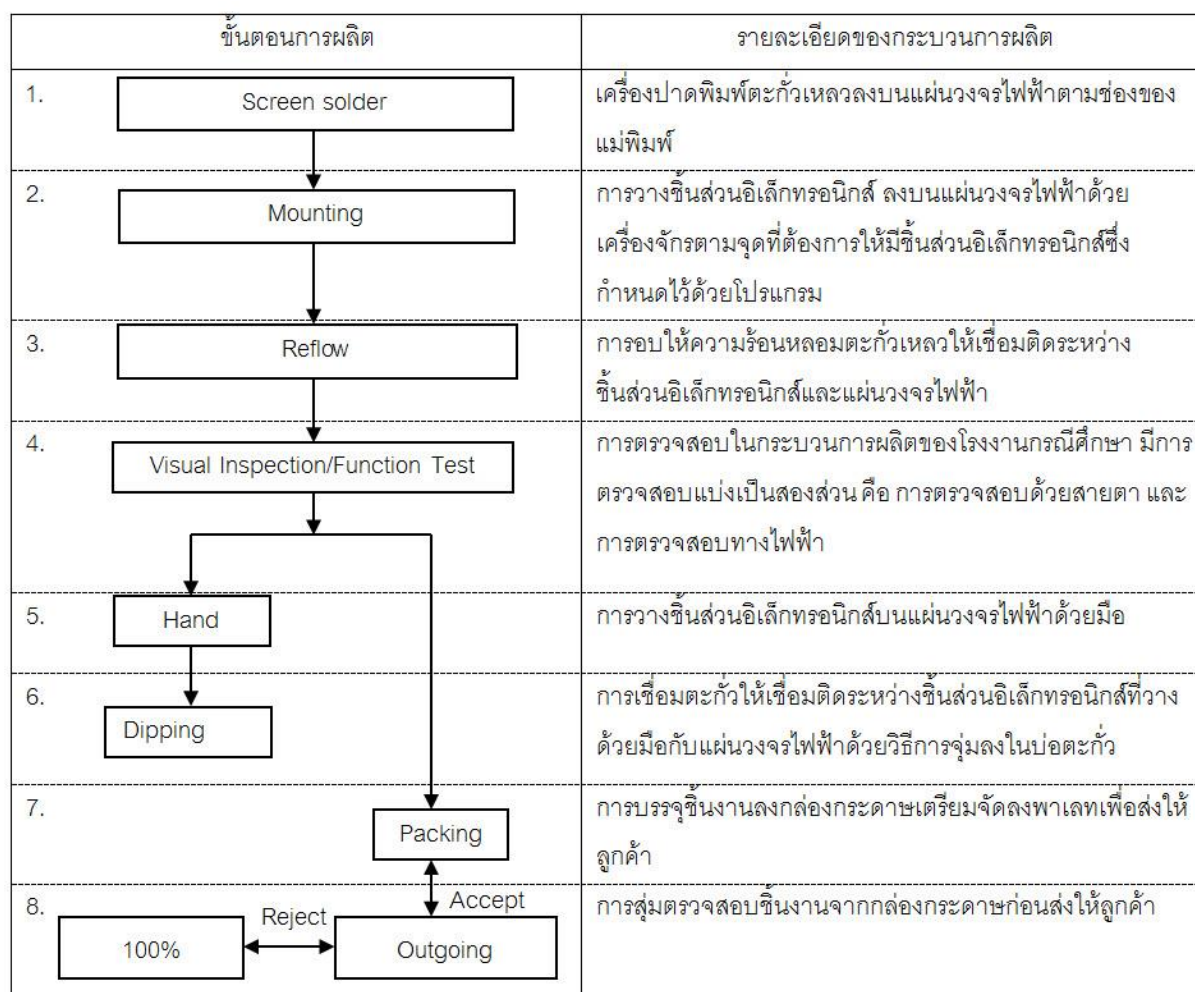
โรงงานที่ทำการศึกษาคือโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จัดอยู่ในกลุ่มธุรกิจ Electronic Manufacturing Services (EMS) ผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed circuit board assembly) เป็นชิ้นส่วนสำคัญในการผลิตโทรทัศน์สี โดยบริษัทมุ่งให้ความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานและการจัดส่งตามเวลาที่กำหนด โรงงานกรณีศึกษาได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินธุรกิจจากการเป็นโรงงานประกอบโทรทัศน์มาเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในโทรทัศน์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ความพร้อมในหลาย ๆ ด้าน เช่น พนักงาน เครื่องมือ และการวางระบบการทำงานยังคงติดขัด แต่เพื่อความอยู่รอดและเพื่อรักษาสถานการณ์การผลิตไว้ในประเทศไทย โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องดำเนินการผลิตทั้ง ๆ ที่ไม่มีความพร้อมในหลาย ๆ ด้าน โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องอย่างเร่งด่วนที่ต้องหาเครื่องมือช่วยจัดการก่อนที่ของเสียจะหลุดไปถึงลูกค้า ก่อนที่จะนำไปสู่การหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการต่อไป

แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่โรงงานกรณีศึกษาผลิตมีจำนวน 7 ชนิดบอร์ด แต่ละบอร์ดมีความยากง่ายในการผลิตแตกต่างกัน อาการเสียของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ลูกค้าพบจะปรากฏให้เห็นในรูปของภาพและเสียงที่ผิดปกติของโทรทัศน์

2.1. กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนประกอบหลักในการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์มี 3 ส่วนประกอบหลัก คือ แผ่นวงจรไฟฟ้า (PCB; Print circuit board) ตะกั่วเหลว (Solder paste) และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic component)

การผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นการเชื่อมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ให้ติดบนแผ่นวงจรไฟฟ้าด้วยตะกั่วเหลวเป็นตัวเชื่อม โดยมีขั้นตอนการผลิตดังรูปที่ 1 ตามลำดับ ดังนี้



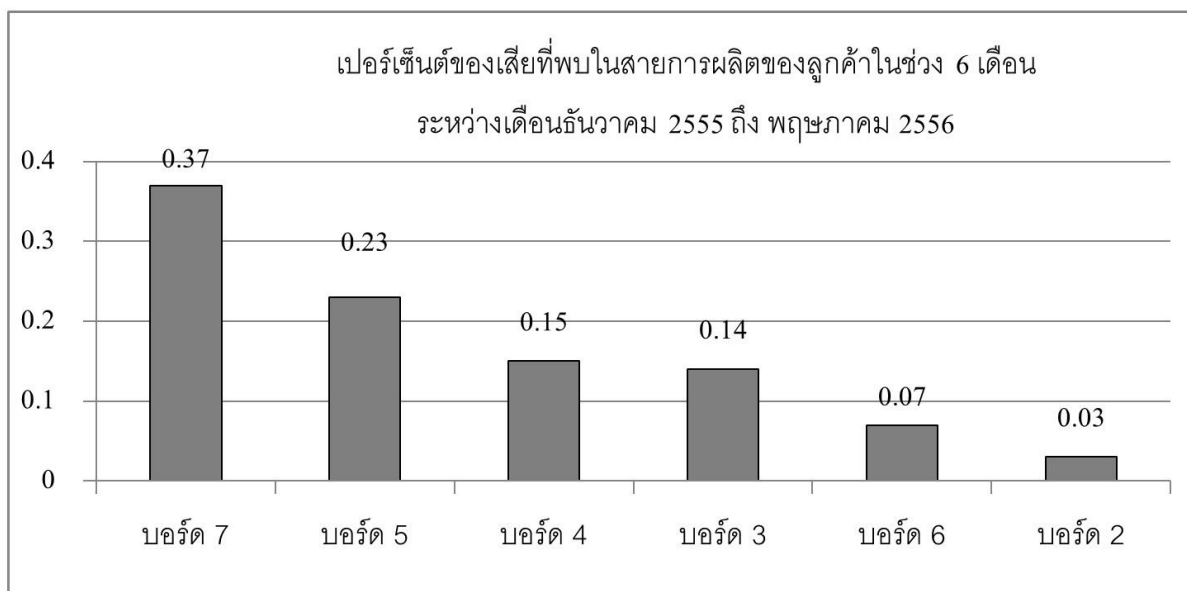
รูปที่ 1 กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา

2.2. สภาพปัญหาในปัจจุบัน

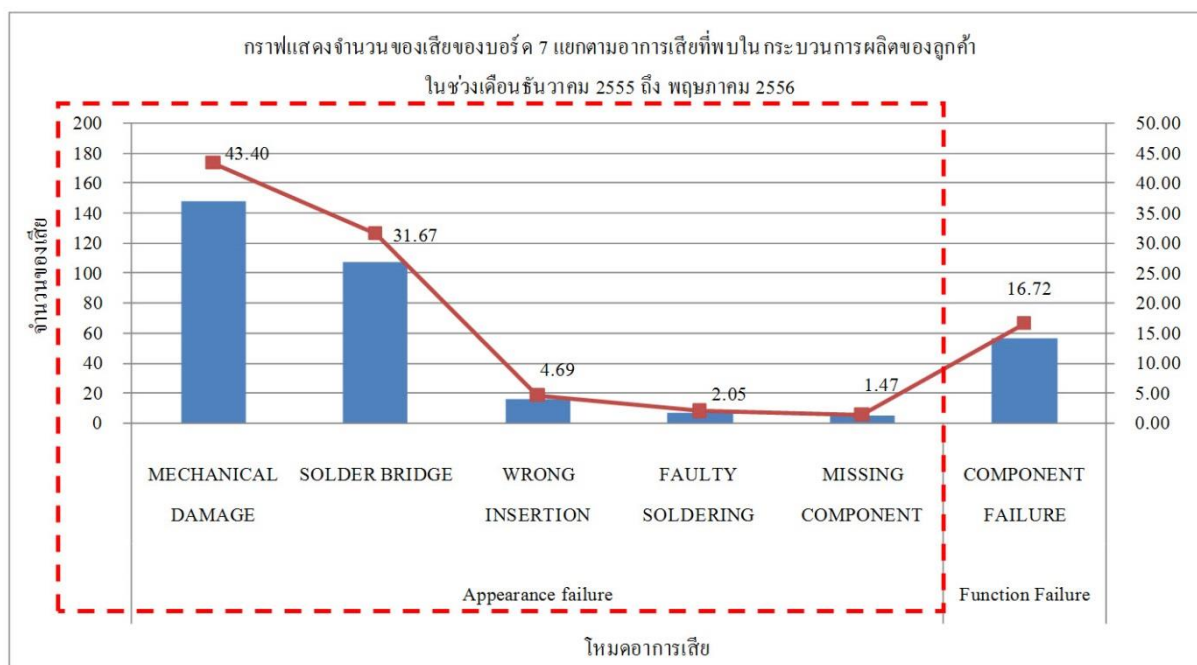
จากข้อมูลของเสียดังรูปที่ 2 เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของเสียที่ถูกพบในสายการผลิตของลูกค้าในช่วงเดือนธันวาคม 2555 – พฤษภาคม 2556 พบว่าของเสียแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 เป็นบอร์ดที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียสูงสุดถึง 0.37 เปอร์เซ็นต์ อาการเสียของบอร์ด 7 แสดงดังตารางที่ 1 สามารถแบ่งลักษณะของเสียออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะของเสียสามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาจากรูปลักษณะภายนอก เรียกว่า Appearance failure และลักษณะของเสียเกิดจากการทำงานภายในชิ้นส่วนบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา เรียกว่า Function failure

เมื่อแบ่งของเสียออกเป็น 2 ลักษณะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3 ทำให้ทราบว่าของเสียมากกว่า 83 เปอร์เซ็นต์ เป็นของเสียในลักษณะที่สามารถมองเห็นอาการเสียได้ด้วยสายตา (Appearance failure) แต่พนักงานยอมรับชิ้นงานนั้นและตัดสินใจส่งชิ้นงาน จึงได้ทำการประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ (Measurement system Analysis: MSA) เพื่อเข้าใจการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคนและปรับปรุงระบบการวัด รูปแบบการผลิตในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาให้พนักงานฝ่ายผลิตเป็นผู้ตรวจสอบและทำการตรวจสอบชิ้นงานในสายการผลิต ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยภาพรวมกล่าวคือตรวจสอบแบบคร่าวๆ และไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบให้กับพนักงานเพื่อหาจุดบกพร่อง พนักงานจึงทำการตรวจสอบตามประสบการณ์และตามสถานการณ์ของเสียที่พบในสายการผลิตขณะนั้นโดยวิธีการกวาดสายตาไปทั่วแผ่นงานทำให้

ประสิทธิภาพในการตรวจพบปัญหาน้อยมาก เนื่องด้วยเวลาและต้องการทำยอดการผลิตให้ได้ตามแผนการผลิตในแต่ละวัน ทำให้จุดการตรวจสอบ ณ.จุดตรวจสอบด้วยสายตาในสายการผลิตไม่สามารถดักของเสียได้ กล่าวคือ โรงงานกรณีศึกษาี้ ยังไม่มีการกำหนดกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานเพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพและรับประกันคุณภาพชิ้นงานที่ส่งออกไป

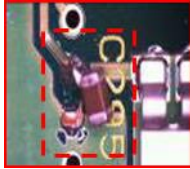
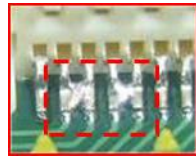
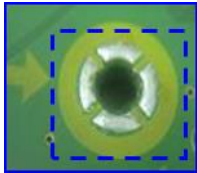
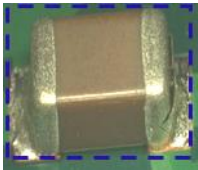
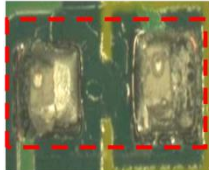


รูปที่ 2 เปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้าในเดือนธันวาคม 2555 ถึง พฤษภาคม 2556 บอร์ด 7 เป็นบอร์ดที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียสูงที่สุดถึง 0.37 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลของเสียของสินค้าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 แยกตามลักษณะอาการเสีย

ตารางที่ 1 ลักษณะของเสียของชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7

อาการเสีย	คำอธิบายอาการเสีย	รูปภาพมาตรฐาน แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	รูปภาพอาการเสีย	ลักษณะอาการเสีย	รวม จำนวน ของเสีย	เปอร์เซ็นต์ ของเสีย
MECHANICAL DAMAGE	ความเสียหายที่เกิดจากแรงกระทำจากภายนอกมาทำให้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจรเสียหายหรือหลุดร่วง			Appearance failure	138	40.47
SOLDER BRIDGE	ตะกั่วเชื่อมติดกันในจุดที่ไม่ต้องการ			Appearance failure	95	27.86
WRONG INSERTION	การวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ไม่ตรงหรือผิดตำแหน่ง			Appearance failure	23	6.74
FAULTY SOLDERING	ลักษณะรูปร่างและปริมาณของตะกั่วไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด			Appearance failure	16	4.69
MISSING COMPONENT	ไม่มีการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในตำแหน่งที่กำหนดให้มีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์			Appearance failure	5	1.47
COMPONENT FAILURE	ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหายภายในมีผลต่อการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า			Function failure	57	16.72
รวม					341	100

3. การดำเนินการแก้ไขปัญหา

จากข้อมูลของเสียดังรูปที่ 3 พบว่าของเสีย 83 เปอร์เซ็นต์ เป็นของเสียที่พนักงานตรวจสอบสามารถมองเห็นและแยกชิ้นงานเสียนั้นออกจากหลอดงานได้ก่อนถูกส่งออกไปสู่กระบวนการผลิตของลูกค้า ถ้าพนักงานมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นงานและมีการจัดกระบวนการตรวจสอบที่เหมาะสมกับรูปแบบการผลิต โรงงานกรณีศึกษาตรวจสอบชิ้นงานโดยคน ด้วยวิธีการตรวจสอบด้วยสายตา ดังนั้น คุณภาพของชิ้นงานที่ส่งออกไปจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการตรวจสอบและตัดสินใจของคนตรวจสอบ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบถึงความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน กล่าวคือการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อประเมินความสามารถในการตรวจสอบของคนนำไปสู่การปรับปรุงการตรวจสอบของคนให้มีประสิทธิภาพในระดับเดียวกันและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งได้ศึกษาในงานวิจัยของ วราภรณ์ ขำสนธิ [1] ได้นำการวิเคราะห์ระบบการวัดไปใช้กับอุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องในการตรวจสอบอาการเสียนแม่พิมพ์ของพนักงานตรวจสอบขึ้นรูป งานวิจัยของ ศุภชาติ ขมหวาน [2] ได้อธิบายถึงเรื่องความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดเพื่อค้นหาแหล่งความผันแปรและสาเหตุของความผันแปร และได้ทำการลดความผันแปรให้กับกระบวนการที่ได้ศึกษานั้นจนมีความสามารถในระดับที่ยอมรับได้ การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพื่อประเมินความสามารถของพนักงานตรวจสอบและเข้าใจถึงจุดบกพร่องของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนจะนำไปสู่การยกระดับความสามารถของพนักงานตรวจสอบให้ดีขึ้นหรือดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนต้องสอดคล้องกันด้วยเพราะส่งผลต่อคุณภาพงานทั้งหมด การวิเคราะห์ระบบการวัดนี้จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มาเป็นตัววัดด้วย

พนักงานตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษามีทั้งหมด 7 คน ผู้วิจัยนำขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดและคำนวณค่าดัชนีต่างๆ จากหนังสือการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) [ประมวลผลด้วย Minitab] [3] มาเป็นแนวทางในการปฏิบัติขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดตั้งคณะกรรมการเพื่อดำเนินการทดสอบและประเมินผลการตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดลักษณะชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการใช้ในการทดสอบจำนวน 30 ชิ้น เพื่อประเมินความถูกต้องในการตรวจสอบ ประกอบด้วยชิ้นงานที่มีคุณภาพดีจำนวน 10 ชิ้น ชิ้นงานที่มีคุณภาพเสียจำนวน 10 ชิ้น ชิ้นงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งคืองานดีแบบก้ำกึ่ง 5 ชิ้น และงานเสียแบบก้ำกึ่ง 5 ชิ้น

ขั้นตอนที่ 3 ให้พนักงานตรวจชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้น โดยพนักงานแต่ละคนจะได้รับการทดสอบจำนวน 3 รอบ เพื่อวัดความสามารถในการตรวจซ้ำหรือรีพีทะบิลิตี้

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผลด้วยดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

ค่าดัชนีเปอร์เซ็นต์รีพีทะบิลิตี้เป็นการวัดความสามารถในการตรวจซ้ำ และค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสเป็นการวัดความถูกต้องไม่เอนเอียงต่อการตรวจสอบ นอกจากนี้ยังทำการประเมินความมีประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบโดยรวมด้วยดัชนี เปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิภาพด้านไบอัสและดัชนีเปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์รีพีทะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องและเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (3)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (4)$$

พิจารณาการตัดสินใจยอมรับและปฏิเสธงานได้ถูกต้อง ไม่เกินมาตรฐานหรือต่ำกว่ามาตรฐานด้วยค่า ดัชนีความมีประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคน (Operator effectiveness index (O_E)) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (False alarm index (I_{FA})) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (Index of a miss (I_{MISS}))

$$\text{ความมีประสิทธิภาพของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \quad (5)$$

$$\text{ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธอย่างผิดพลาด}} \quad (6)$$

$$\text{ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}} \quad (7)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เพื่อประเมินความสอดคล้องกันของผลการตรวจสอบระหว่างพนักงานเป็นคู่ๆ โดยพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างผลการตรวจสอบที่เหมือนกันจริงหรือเรียกว่า ความสอดคล้องจริงกับผลการตรวจสอบที่เหมือนกันโดยบังเอิญหรือเรียกว่า ความสอดคล้องกันโดยบังเอิญ

สัมประสิทธิ์ Kappa คำนวณ ดังนี้

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (8)$$

เมื่อ P_o = ค่าสัดส่วนที่ผู้ตรวจสอบแต่ละคู่ให้ผลการตรวจสอบสอดคล้องกันจริง

P_e = ค่าสัดส่วนที่ผู้ตรวจสอบแต่ละคู่ให้ผลการตรวจสอบสอดคล้องกันโดยบังเอิญ

ผลการประเมินพนักงานตรวจสอบในครั้งแรกตามขั้นตอนข้างต้น พบว่าระบบการตรวจสอบนี้โดยรวมทั้งเรื่องความถูกต้องและการวัดซ้ำด้วยค่าดัชนีความมีประสิทธิภาพด้านไบอัส และค่าดัชนีความมีประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี้ มีค่าเท่ากับ 43 เปอร์เซนต์และ 47 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยมากจากเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งกำหนดไว้ที่มากกว่า 95 เปอร์เซนต์ จึงไม่สามารถยอมรับระบบการตรวจสอบทั้งระบบได้ ดังนั้นระบบการตรวจสอบนี้มีปัญหาเร่งด่วนที่ต้องทำการแก้ไขให้กับพนักงานทุกคนทั้งในเรื่อง ความถูกต้องในการตรวจสอบและเพิ่มความสามารถในการตรวจซ้ำ

ผู้วิจัยได้เลือกวิธีแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams) มาใช้ในการระดมสมองเพื่อปรับปรุงระบบการวัด ผลการระดมสมองดังตารางที่ 2

เมื่อผู้วิจัยและทีมงานได้ปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบดังตารางที่ 2 จากนั้นได้ทำการประเมินผลระบบการวัดอีกครั้ง ผลการประเมินหลังจากได้ปรับปรุงระบบการวัดได้ผลการประเมินดังตารางที่ 3 สรุปได้ว่า

1. ค่าเปอร์เซ็นต์รีพีทะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ ค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานทดสอบ ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี้ของการตรวจสอบและค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ ทั้ง 4 ดัชนีมีค่ามากกว่า 97 เปอร์เซนต์ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมและผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังนั้นการตรวจสอบของพนักงานมีความถูกต้องมากขึ้นและการตรวจซ้ำทุกครั้งให้ผลเหมือนกัน
2. พนักงานสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องตามข้อกำหนดการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พนักงานไม่ปฏิเสธชิ้นงานหรือยอมรับชิ้นงานเกินมาตรฐาน
3. พิจารณาความสอดคล้องของผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มีค่า 0.94 แสดงว่าผลการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคู่ได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดี

ตารางที่ 2 ผลการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุและแนวทางแก้ไขด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams)

หัวข้อ การประเมินผลการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์		
หัวข้อ	ความคิดเห็น	การแก้ไข
1. ชิ้นงานตรวจสอบ	- อาการเสียไม่ชัดเจนโดยเฉพาะอาการกำกวม	- ให้กรรมการสอบทำการกำหนดชิ้นงานตรวจสอบใหม่ - ทดสอบประเมินชิ้นงานโดยคณะกรรมการทุกคนก่อนทำการทดสอบจริง
2. เกณฑ์การยอมรับ	- ไม่มีมาตรฐานชิ้นงานดี ชิ้นงานเสียที่ชัดเจนในจุดตรวจสอบ	- อบรมพนักงานตรวจสอบทุกคนใหม่ในเรื่องวิธีการตรวจสอบ - จัดทำมาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงาน
3. พื้นที่ตรวจสอบงาน	- แสงสว่างไม่พอ และเป็นเงาบังเนื่องจากใช้แสงสว่างจากเพดาน	- 5ส พื้นที่ตรวจสอบชิ้นงาน - ติดหลอดไฟที่โต๊ะสำหรับตรวจสอบชิ้นงาน
4. พนักงานตรวจสอบ	- ไม่เข้าใจเกณฑ์การยอมรับ	- อบรมพนักงานตรวจสอบทุกคนใหม่ในเรื่องความเข้าใจเกณฑ์มาตรฐานชิ้นงานดี/ชิ้นงานเสีย - ทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง

เมื่อพนักงานตรวจสอบทุกคนได้รับการปรับปรุงจนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้แล้ว สิ่งที่ต้องทำต่อไปคือการปรับปรุงมาตรฐานวิธีการตรวจสอบ เนื่องด้วยโรงงานที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามีได้เริ่มดำเนินการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในช่วงที่ผู้วิจัยได้ทำวิจัยฉบับนี้ ระบบการตรวจสอบและความพร้อมของพนักงานยังคงเป็นปัญหาหลักที่ต้องหาวิธีที่เหมาะสมเข้ามาช่วยในการตรวจจับปัญหาให้ได้ก่อนที่จะนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบที่จุดปฏิบัติการตรวจสอบงานด้วยสายตา (Visual Inspection) ในตอนท้ายของกระบวนการผลิตก่อนส่งสินค้าให้กับลูกค้า และได้นำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างเข้ามาปรับใช้ โดยเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่สามารถปรับเข้ากับรูปแบบการผลิตและมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้งานสำหรับโรงงานกรณีศึกษาคือต้องการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเป็นเครื่องมือในการช่วยวัดของเสียและช่วยตัดสินใจดำเนินการกับลอตงานก่อนส่งออกไปสู่กระบวนการผลิตของลูกค้า โดยมีข้อตกลงทางการค้าและเป้าหมายคุณภาพของแผนควบคุมคุณภาพต้องการให้คุณภาพสินค้าที่ส่งออกไปมีของเสียไม่เกิน 0.005 เปอร์เซนต์หรือ 50 PPM

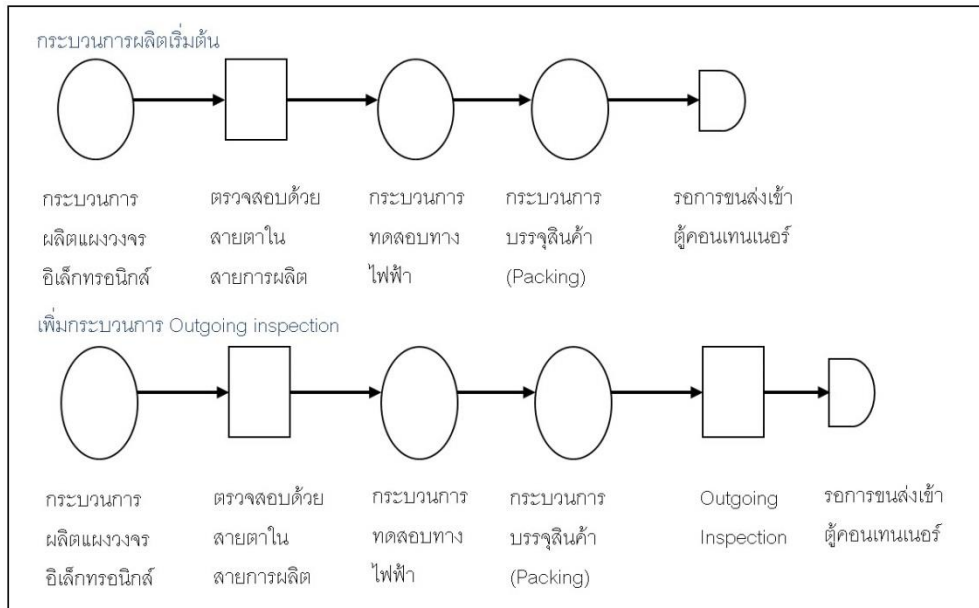
เริ่มต้นการนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างเข้ามาใช้งานจากความต้องการของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาเลือกนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQC Z1.4 มาใช้งานด้วยเหตุผลที่ว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQC Z1.4 ได้รับการยอมรับในระดับสากลตามมาตรฐานและโรงงานส่วนใหญ่เลือกใช้ โดยกำหนดใช้ AQL ที่ 0.065 เปอร์เซนต์ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของ Govindaraju and Ganesalingam [4] นักวิจัยทั้งสองได้นำเสนอแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่เรียกว่า Quick switching system (QSS) อ้างอิงแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดียว ตามมาตรฐาน MIL STD 105E/ANSI/ASQC Z1.4 การปฏิเสธลอตจะไม่เกิดขึ้นในการสุ่มตัวอย่างครั้งแรกถึงแม้ว่าจะมีจำนวนของเสียมากกว่าจำนวนที่ยอมรับได้ แต่จะทำการสุ่มตัวอย่างอีกครั้งจึงจะปฏิเสธลอต เขาพบว่าแผนการสุ่ม QSS ทำให้มีจำนวนตัวอย่างเฉลี่ยน้อยกว่าการสุ่มเชิงเดียวทั่วไปอย่างมาก Rothwell and Kim [5] ต้องการหาแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่เข้ามาทดแทนแผนการสุ่มที่โรงงานที่เขาศึกษาได้ใช้อยู่ในขณะนั้นคือ

แผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน MIL-STD/ANSI Z1.4 ซึ่งไม่ใช้กฎการสับเปลี่ยน (Switching rule) สิ่งที่เขาพบจากการใช้แผนการสุ่มนี้คือจำนวนตัวอย่างมีจำนวนมากและมีจำนวนลอตที่ถูกปฏิเสธมากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบมากขึ้น ทั้งยังทำให้มีค่าทำงานล่วงเวลาของพนักงานตรวจสอบเพิ่มขึ้น และยังมีผลกระทบต่อลูกค้าที่ไม่สามารถส่งสินค้าไปให้ลูกค้าได้ทันเวลาเนื่องจากต้องรอทำการตรวจสอบตามหลักการของ MIL-STD/ANSI Z1.4 เขาจึงนำเสนอแผนการสุ่มที่เรียกว่า zero acceptance plans เป็นแผนการสุ่มที่มีกำหนดให้จำนวนของเสียที่ยอมให้เกิดได้ในลอตงานเท่ากับ 0 ($c=0$) จึงจะยอมรับวัตถุดิบที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิต เพื่อกระตุ้นให้ผู้ผลิตวัตถุดิบทำการปรับปรุงคุณภาพ

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัดเปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

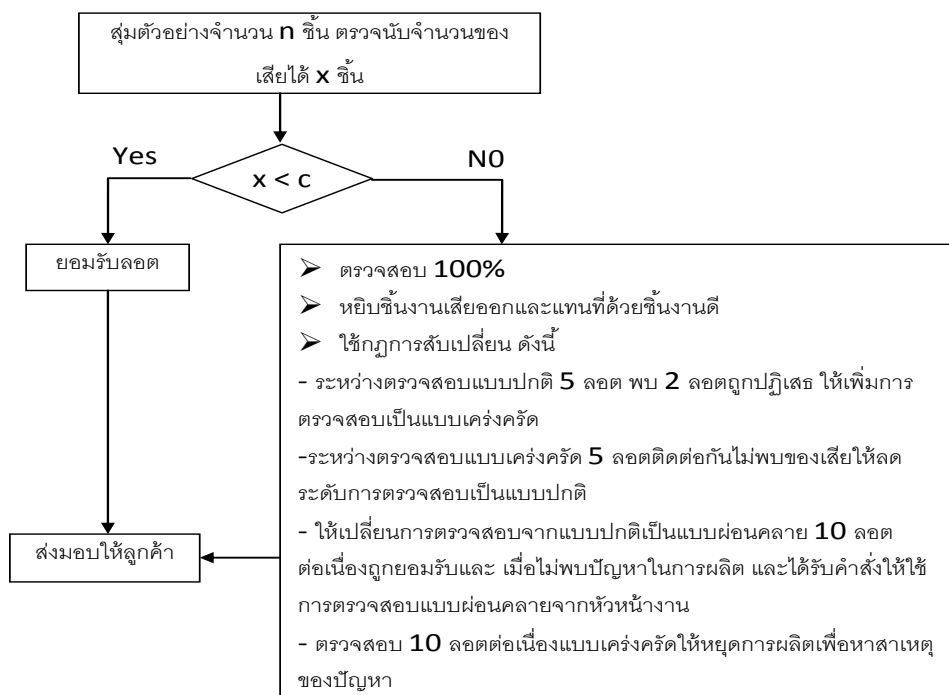
ดัชนีประเมินความสามารถในการตรวจสอบของพนักงาน	เกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการวิเคราะห์ของพนักงานตรวจสอบคนที่						
		1	2	3	4	5	6	7
เปอร์เซ็นต์ความไม่พอใจของพนักงานตรวจสอบ	มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
เปอร์เซ็นต์รีพีทเทเบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ	มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านไอซ์ของ การตรวจสอบ	มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์				97%			
เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพีทเทเบิลิตี้ของการตรวจสอบ	มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์				97%			
ความมีประสิทธิภาพของพนักงาน (O_E)	มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์	99%	100%	100%	100%	98%	100%	100%
ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA})	น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (I_{MISS})	น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
สัมประสิทธิ์ Kappa	มากกว่า 0.4				0.94			

ผู้วิจัยเพิ่มการตรวจสอบในตอนท้ายของกระบวนการผลิตก่อนส่งสินค้า เรียกกระบวนการนี้ว่า Outgoing inspection ผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบชิ้นงานคือพนักงานควบคุมคุณภาพหรือ QC และนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างเข้ามาใช้งาน โดยเปลี่ยนหน้าที่ให้จุดตรวจสอบในสายการผลิตเป็นผู้แจ้งปัญหาที่พบในสายการผลิตให้กับพนักงานควบคุมคุณภาพที่จุดตรวจสอบ Outgoing inspection ท้ายสายการผลิต ดังรูปที่ 4



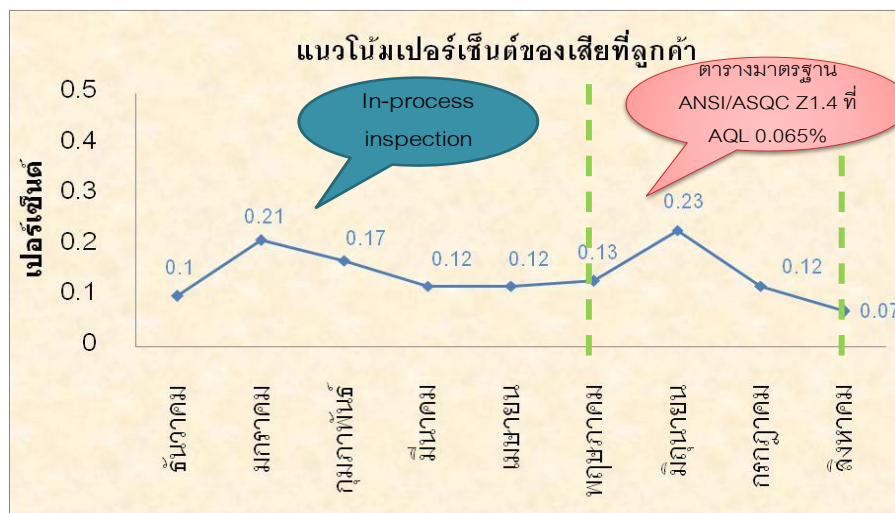
รูปที่ 4 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตและจุดตรวจสอบ

นำมาสู่การกำหนดขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ดังรูปที่ 5 แผนการสุ่มตัวอย่างนี้ใช้ AQL ที่ 0.065 เปอร์เซ็นต์ กำหนดขนาดล็อตเท่ากับ 420 ชิ้น ทำให้มีจำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการสุ่มขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 50 ชิ้น และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 1 ชิ้น เมื่อพบชิ้นงานเสียมากกว่า 1 ชิ้นขึ้นไปให้ตรวจสอบล็อตงานนั้น 100 เปอร์เซ็นต์ และต้องใช้กฎการสับเปลี่ยนกับล็อตงานที่จะสุ่มตรวจสอบล็อตต่อไป



รูปที่ 5 ผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

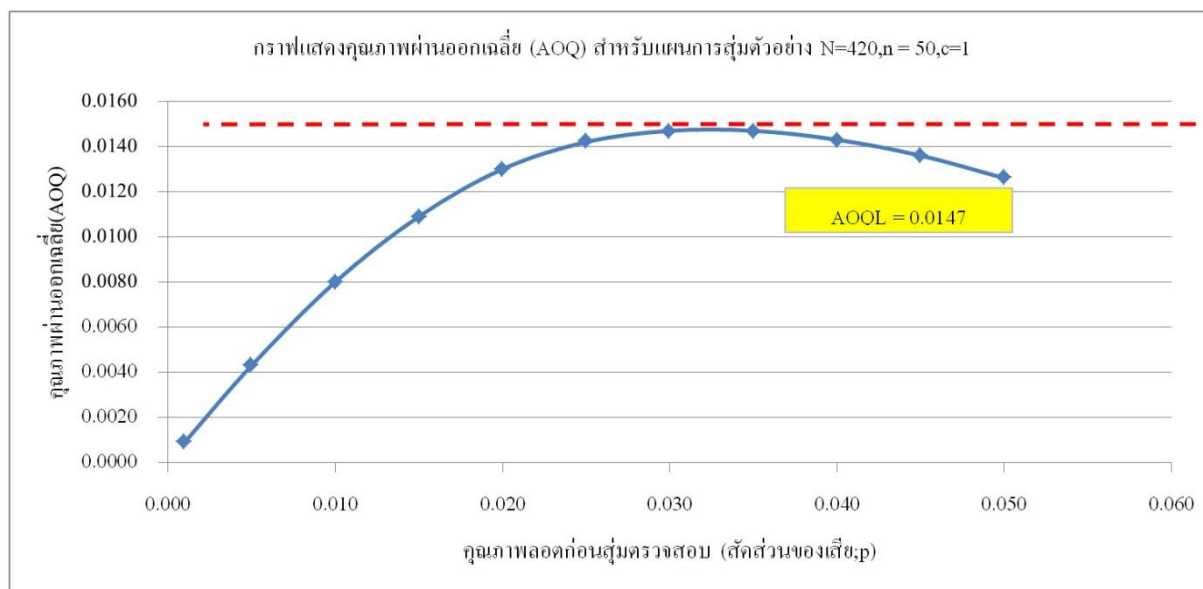
ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้าในช่วง 3 เดือนหลังจากได้นำเอาแผนการสุ่มตัวอย่าง ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ที่ AQL 0.065 เปอร์เซ็นต์มาใช้งาน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียไม่ลดลงและไม่มีความแตกต่างจากเดิมที่ใช้การตรวจสอบในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบที่ลูกค้าจากกระบวนการตรวจสอบโดยวิธีการตรวจสอบในสายการผลิตและโดยวิธีแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ที่ AQL 0.065 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษางานวิจัยของ Mach and Duraj [6] นักวิจัยทั้งสองได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินกระบวนการยึดติดชิ้นงานของตัวจัมเปอร์ โดยการคำนวณพารามิเตอร์สำหรับกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างจากค่าความสามารถของการผลิต นอกจากนี้พื้นฐานการสุ่มตัวอย่างได้ศึกษาจากหนังสือ Montgomery[7] และหนังสือเทคนิคการควบคุมคุณภาพ[8] จากการศึกษาเอกสารประกอบคำสอนวิชา Quality control [9] เกี่ยวกับการพิจารณาคุณภาพผลงานหลังการตรวจสอบ (AOQ) ของผลงานที่ผ่านการสุ่มตัวอย่างด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ที่ AQL 0.065 เปอร์เซ็นต์ จะมีคุณภาพผ่านออกสูงสุด (AOQL) เท่ากับ 0.014 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 7 ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาต้องการคุณภาพผ่านออกสูงสุด (AOQL) ที่ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างนี้ยังไม่มีประสิทธิภาพพอในการดักของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างขึ้นใหม่ โดยใช้เป้าหมายคุณภาพและความสามารถของกระบวนการเป็นพารามิเตอร์ในการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างและเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ระดับคุณภาพผลงานตามเป้าหมายคุณภาพที่ต้องการ ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาดังเป้าหมายคุณภาพไว้ว่าผลงานที่ส่งออกไปสู่ตลาดต้องการให้มีค่าเฉลี่ยของคุณภาพผลงานอยู่ในระดับไม่เกิน 50 PPM หรือ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ยอมรับให้หลุดถูกปฏิเสธไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของผลทั้งหมดที่ส่งเข้ามาสู่กระบวนการ Outgoing inspection และมีข้อตกลงทางการค้ากับลูกค้าไว้ว่าลูกค้าจะทำยอมรับสินค้าเข้าสู่กระบวนการเมื่อผลต่อนั้นมีจำนวนของเสียไม่เกิน 300 PPM หรือ 0.03 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าตรวจพบว่ามีหลุดถูกปฏิเสธมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ในสินค้านั้นแล้วลูกค้าสามารถร้องขอสินค้าทดแทนหรือเงินทดแทนค่าของเสียและค่าตรวจสอบแล้วแต่กรณี นั่นคือโรงงานกรณีศึกษาต้องการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ค่า AOQL = 0.005 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้องนำเอาค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยของกระบวนการผลิตนี้มาใช้พิจารณา กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างร่วมด้วย ผู้วิจัยใช้ข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน ม.ค ถึง ส.ค พบว่าค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยของกระบวนการผลิตนี้อยู่ที่ 0.031 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 7 แสดงค่า AOQL = 0.0147 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพผ่านออกเฉลี่ยจากแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ($n=50, c=1$)

จากความต้องการข้างต้นจึงนำมาใช้กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับแผนการสุ่มตัวอย่าง คือ AOQL = 0.005, $N = 420$, $p_m = 0.031$, LTPD = 0.03%, $\alpha = 0.01$, $\beta = 0.05$ และคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. สมมติค่า c และเปิดตารางหาค่าของ $y = P_{ap_m} n$ โดยที่ $p_m = 0.031$
2. คำนวณหาค่าขนาดตัวอย่างสมการที่ 9 และสมการที่ 10

$$AOQL = \frac{y \left[1 - \frac{n}{N} \right]}{n} \quad (9)$$

$$n = \frac{y \cdot N}{N(AOQL) + y} \quad (10)$$

3. จากค่า c และ n ที่ได้นำมาคำนวณค่าจำนวนตัวอย่างเฉลี่ย (Average outgoing inspection: ATI) จากสมการ (11)

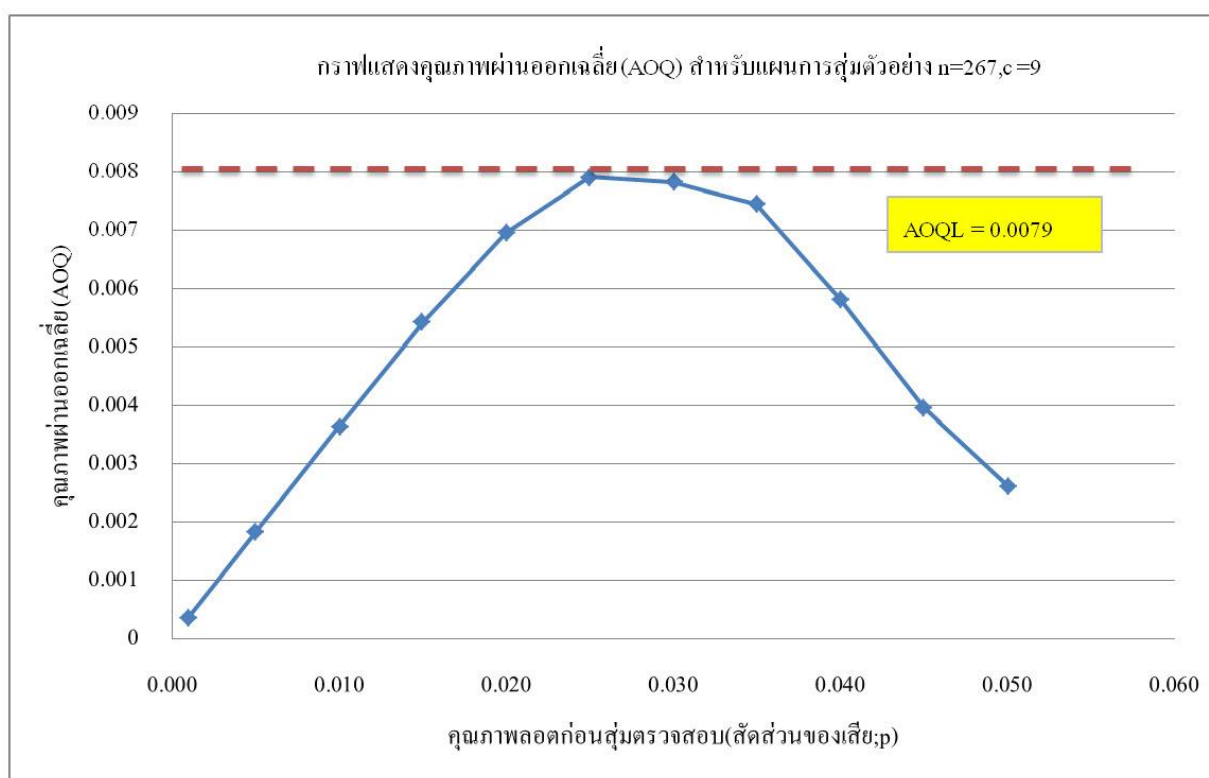
$$ATI = n + (1 - P_a) \cdot (N - n) \quad (11)$$

4. เพิ่มค่า c และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งได้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ค่า ATI ต่ำสุด

ผลการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 4 แผนที่ให้ค่า ATI ต่ำสุด คือ แผน $c=9$ และ $n=267$ จากนั้นได้คำนวณคุณภาพพลอตงานหลังผ่านการสุ่มตรวจสอบ (AOQ) ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดขึ้น พบว่าแผนนี้ให้ค่าระดับคุณภาพผ่านออกสูงสุดหรือค่า AOQL เท่ากับ 0.0079 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 8 แผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดขึ้นนี้เรียกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL

ตารางที่ 4 สรุปการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง

c	y	n	np	Pa	ATI
1	0.8408	81	2.516	0.287	323
2	1.371	118	3.669	0.303	329
3	1.942	151	4.666	0.326	332
4	2.544	178	5.519	0.357	334
5	3.168	201	6.243	0.414	329
6	3.812	221	6.864	0.48	325
7	4.472	239	7.398	0.539	322
8	5.146	254	7.861	0.606	319
9	5.831	267	8.264	1.000	267



รูปที่ 8 แสดงค่า AOQL = 0.0079 เปอร์เซนต์ คุณภาพผ่านออกเฉลี่ยจากแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL

ค่า AOQL ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับ AOQL ที่ต้องการ ผู้วิจัยหยุดการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างที่ระดับ AOQL เท่ากับ 0.0079 เปอร์เซนต์ เนื่องจากจำนวนตัวอย่างมีมากถึง 267 ชิ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดคอขวดตรวจสอบชิ้นงานได้ไม่ทันกำหนดแผนการผลิตได้ ผู้วิจัยได้แก้ปัญหานี้โดยการปรับวิธีการเข้าไปสุ่มหยิบชิ้นงานและกำหนดให้เป็นมาตรฐาน ดังนี้

จากการพิจารณาข้อมูลการผลิตชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 มีความสามารถในการผลิตงาน ดังนี้

1 กล่อง ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 15 นาที

1 พาเลท = 20 กล่อง

1 กล่อง = 21 ชิ้น

ดังนั้น 1 พาเลท จะใช้เวลา เท่ากับ 300 นาทีหรือ 5 ชั่วโมง

1 ชั่วโมง จะมีงานออกจากกระบวนการจำนวน 4 กล่อง

ผู้วิจัยต้องการสุ่มชิ้นงานจำนวน 267 ชิ้นจาก 1 พาเลท ในเวลาทั้งหมด 5 ชั่วโมง

ดังนั้น 267 ชิ้น เท่ากับ 13 กล่องในเวลา 5 ชั่วโมง

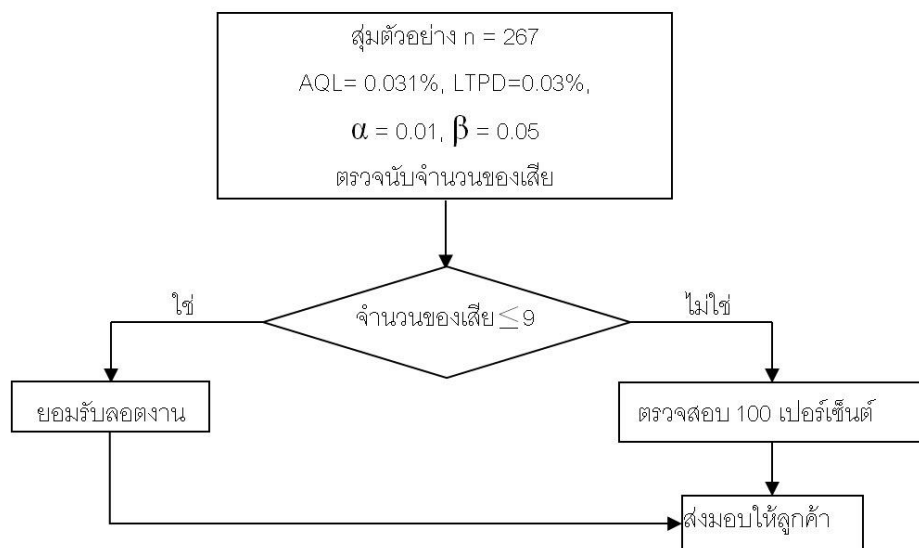
1 ชั่วโมง ต้องสุ่ม $13/5 = 3$ กล่อง

ดังนั้น ในการผลิตงาน 1 พาเลทจะถูกสุ่มขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ $3 \times 5 = 15$ กล่อง

พนักงานตรวจสอบจะต้องหยิบชิ้นงานจำนวน $267/15 = 18$ ชิ้น ต่อ 1 กล่อง

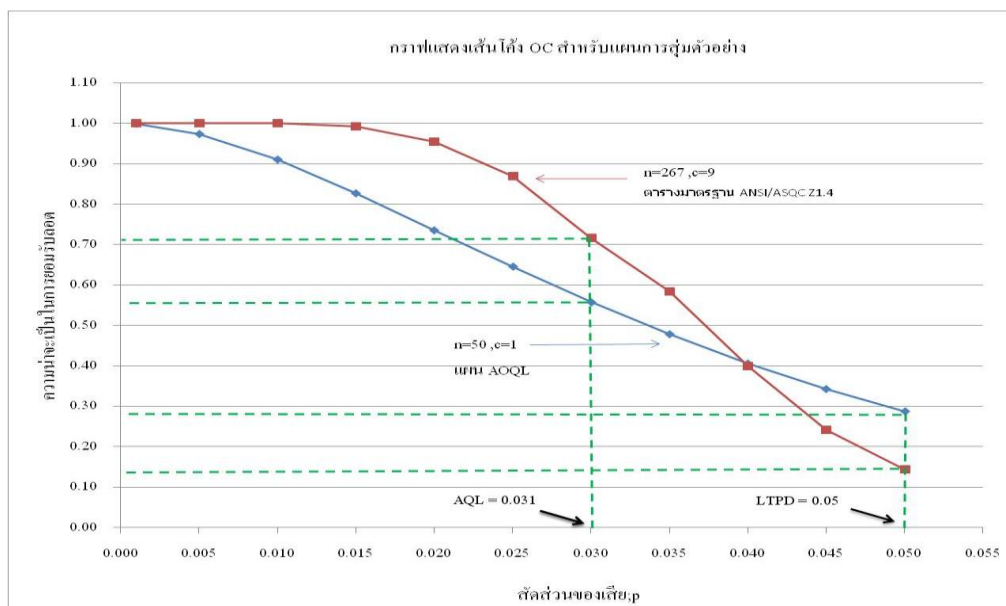
สรุปวิธีการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานขึ้นมาจำนวน 3 กล่อง ทุกๆ ชั่วโมง ในแต่ละกล่องให้หยิบขึ้นมาตรวจสอบจำนวน 18 ชิ้น การตรวจสอบนี้เป็นการสุ่มเพื่อยอมรับงานเป็นพาเลท ในกรณีที่พบของเสียมากกว่าจำนวนที่ยอมรับได้จะทำการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์กับพาเลทที่ถูกปฏิเสธนี้เท่านั้น

เมื่อได้แผนการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นแล้ว เพื่อกำหนดวิธีการสุ่มตรวจสอบที่เหมาะสมกับรูปแบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา และมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบน้อยที่สุดซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างดังรูปที่ 9 และได้จัดทำมาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 9 ผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาความสามารถในการดักของเสียของแผนการสุ่มตัวอย่างทั้งสองแผนนั้น ผู้วิจัยใช้เส้นโค้ง OC ดังรูปที่ 10 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแยกงานดีและงานเสียออกจากกันระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 กับแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL จะเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL มีความชันของเส้นกราฟมากกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 หมายความว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL จะมีความสามารถในการแยกของงานดีและเสียออกจากกันได้ดีกว่าเมื่อสัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้น ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่สอดคล้องกับเป้าหมายของความต้องการนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้งาน แต่แผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL นี้มีขนาดตัวอย่างจำนวนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาเรื่องความสามารถในการตรวจสอบของกระบวนการและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับแผนการสุ่มตัวอย่างร่วมด้วย



รูปที่ 10 แสดงเส้นโค้ง OC ของแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ($n=50, c=1$) และแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL ($n=267, c=9$)

กิจกรรมต่างๆ ที่นำมาใช้กับกระบวนการผลิตจะมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นตัวแปรสำคัญที่ผู้บริหารจะพิจารณาเลือกนำแผนไปใช้งานหรือไม่ ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ผู้บริหารต้องการคือแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 และแผนการสุ่มตัวอย่าง AOQL ที่นำเสนอ โดยจะเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและได้คุณภาพงานในระดับที่พึงพอใจ โดยได้แนวทางการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแผนการสุ่มตัวอย่างจากงานวิจัยของ Iacobini [10] ได้นำเสนอสมการค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Expected costs) สำหรับผู้ผลิตและลูกค้าในแผนการสุ่มเชิงเดี่ยวแบบลอตต่อลอต (Lot-by-lot single sampling plan) ค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ผลิตจะมาจากค่าตรวจสอบชิ้นงานต่อชิ้น และจากการซ่อมชิ้นงานที่เสีย ส่วนค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นกับลูกค้ามาจากของเสียที่หลุดรอดไปจากกระบวนการของผู้ผลิต ซึ่งถ้าผู้ผลิตสามารถแก้ปัญหาได้หมดก็จะไม่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายหรือปัญหาให้กับลูกค้า และ Hsu [11] ได้นำเสนอสมการค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อลอตสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวว่า ค่าใช้จ่ายทั้งหมดประกอบด้วย ค่าตรวจสอบต่อชิ้น ค่าความเสียหายภายใน และค่าของเสียที่หลุดออกไปจากกระบวนการ

การตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษาเมื่อชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกตรวจพบว่าเป็นชิ้นงานเสียจากการสุ่มตัวอย่างจะถูกหยิบออกแล้วทดแทนด้วยชิ้นงานดี สำหรับลอตงานที่ถูกปฏิเสธจะถูกส่งกลับไปให้กับฝ่ายผลิตเพื่อตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเมื่อนำแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้กับกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษานี้ประกอบด้วย 3 ส่วน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC)} = \text{ค่าตรวจสอบ} + \text{ค่าของเสีย} + \text{ค่าปฏิเสธลอต} \quad (12)$$

ค่าตรวจสอบ หมายถึง ค่าจ้างแรงงานที่ใช้ในการตรวจสอบแต่ละลอตรวมทั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

ค่าของเสีย หมายถึง เกิดขึ้นในกรณีที่ของเสียถูกตรวจพบ ของเสียชิ้นนั้นจะถูกแทนด้วยชิ้นงานดี ดังนั้นค่าของเสียคือราคาสินงานดี 1 ชิ้น รวมทั้งค่าแรงงานจากการสุ่มเพิ่มหรือเปลี่ยนระดับการตรวจสอบ

ค่าปฏิเสธลอต หมายถึง เกิดขึ้นในกรณีที่งานถูกปฏิเสธโดยลูกค้าและต้องการให้ตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์หรือส่งชิ้นงานดีลอตใหม่ไปทดแทนแล้วแต่กรณี

การเปรียบเทียบการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างทั้งสองแผนนั้นผู้วิจัยได้พิจารณาจากการทดลองสุ่มตัวอย่างลอตงานจำนวน 5 ลอต สรุปดังตารางที่ 5 สรุปได้ว่า แผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ใช้เวลาและจำนวนชิ้นงานตรวจสอบน้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL แต่เวลาและจำนวนตัวอย่างที่แตกต่างกันในระดับที่ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตและยังสามารถปฏิบัติงานได้ทั้งสองแผนการสุ่มตัวอย่าง จึงพิจารณาในเรื่องค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบงานจำนวน 5 ลอตของแผนการสุ่มตัวอย่างแผน AOQL มีค่าเท่ากับ 17,789.4 บาท และของแผนจากตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 26,570.4 บาท การสุ่มตัวอย่างแผน AOQL มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเนื่องจากสามารถดักของเสียได้ก่อนถูกส่งไปสู่กระบวนการผลิตของลูกค้าได้ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

ตารางที่ 5 สรุปผลการเปรียบเทียบการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างกับงานจำนวน 5 ลอต

แผนการสุ่มตัวอย่างที่	จำนวน ตัวอย่าง	เวลาที่ใช้	ค่าตรวจสอบ	ค่าของเสีย	ค่าปฏิเสธ ลอต	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4	1,360	40,800	870	0	25,700	26,570
แผน AQOL	1,794	53,820	1,147	6,700	11,200	17,789

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การประเมินระบบการวัดทำให้ทราบว่าการตรวจสอบของพนักงานมีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอและเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมมาตรฐานการตรวจสอบสำหรับกระบวนการผลิตที่ใช้คนตรวจสอบให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควรให้ความสำคัญและกำหนดให้มีการประเมินผลการตรวจสอบของพนักงานเป็นช่วงๆ เสมอ ทั้งยังได้กระตุ้นตัวพนักงานให้มีความตื่นตัวในการใส่ใจถึงผลการตรวจสอบของตัวเอง และทำให้ผู้ทำการวิเคราะห์ได้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิตอีกทางหนึ่ง ผู้วิจัยนำเสนอให้ทำการประเมินทุกๆ 3 เดือนสำหรับโรงงานกรณีศึกษา

การกำหนดพารามิเตอร์ให้กับแผนการสุ่มตัวอย่างควรกำหนดให้สอดคล้องกับระดับคุณภาพของกระบวนการนั้นๆ การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างจึงจะมีประสิทธิภาพ ดังเช่นโรงงานกรณีศึกษานี้เริ่มนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างเข้ามาใช้โดยไม่ได้นิ่งถึงเรื่องการจัดรูปแบบการผลิต ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และเป้าหมายคุณภาพ เมื่อนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นที่พึงพอใจและไม่สามารถดับของเสียได้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างขึ้นใหม่โดยการพิจารณาระดับคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) ทำให้แผนการสุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพในการดักของเสียมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป การปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างสามารถดำเนินการได้ด้วยการลดขนาดตัวอย่าง แผนการสุ่มตัวอย่างควรปรับเปลี่ยนเป็นระยะให้สอดคล้องกับระดับคุณภาพของกระบวนการในแต่ละช่วง ซึ่งควรวิจัยต่อในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างกับระดับคุณภาพของกระบวนการผลิต

บรรณานุกรม

- [1] วราภรณ์ ขำสนิท, “การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการผลิตพลาสติกกรณีที่มีข้อบกพร่องหลายชนิด,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.
- [2] ศุภชาติ ขมหวาน, “การศึกษาความผันแปรในการวิเคราะห์ระบบการวัดและการประยุกต์,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.
- [3] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. *การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) [ประมวลผลด้วย Minitab]*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.
- [4] K. Govindaraju and S. Ganesalingam, “Zero acceptance number quick switching system for compliance sampling,” *Journal of Applied Statistics*, pp. 399-407, 1998.
- [5] M. Rothwell, E. Park, and D. Kim, “A sampling policy for the reduction of quality cost and improvement of accepted percentage in company L,” *the Asian Journal of Quality*, vol. 10, no. 3, pp. 99-113, 2009.
- [6] P. Mach and A. Duraj, “Statistic inspection of a workplace for adhesive assembly, in *Proceedings of 30th International Spring Seminar on Electronics Technology*, IEEE, May 2007, pp. 30-33.
- [7] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 4th ed. New York: John Wiley and Sons, 2002.
- [8] เสรี ญินพันธ์, จุฑามณี มหิตาพองกุล, และดำรงศักดิ์ ทวีแสงสกุลไทย, *เทคนิคการควบคุมคุณภาพ*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- [9] ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, เอกสารประกอบคำสอนวิชา Quality Control (QC), ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551, unpublished.
- [10] A. Iacobini, “Generalized cost and gain functions in lot-by-lot sampling inspection,” *Journal of the Italian Statistical Society*, pp. 97-105, 2007.
- [11] J. T. Hsu, “Economic Design of single sample acceptance sampling plans,” [*in Chinese*], pp. 108-122, Mar 2009.